



EGY ROVARFEHÉRJE-KONCENTRÁTUM (*ADALBAPRO*) ETETÉSÉNEK HATÁSA AZ ÉTKEZÉSI TOJÁS MINŐSÉGÉRE

Csiszér Tivadar, Such Nikolett, Kesete Goitom Tewelde, Kiss Brigitta, Pál László,
Dublec Károly

Magyar Agrár- és Élettudományi egyetem Georgikon Campus, Takarmányozástani és Takarmányozás-
élettani Tanszék, 8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az *AdalbaPro* (AP) értékes rovarlárva- (*Alphitobius diaperinus*-) fehérjekoncentrátum, melyet elsősorban a humán élelmezésben használnak. Tojótúkokkal végzett kísérletünkben az étkezési tojás minőségére gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az egyedi ketrecekben elhelyezett 35 hetes Tetra SL tojótúkokat kontrolltáppal, illetve az AP-t 10, illetve 15%-ban tartalmazó azonos fehérje- és energiatartalmú kísérleti tápokkal etettük. A kísérlet hat hétig tartott, az ismétlésszám 18 volt. A tojástömeget (Wt), a héjszilárdságot (Str), a fehérje magasságát (Ht), a Haugh-egységet (Hu), a tojássárgája színét (Yc), a tojássárgája magasságát (Yh), a tojássárgája átmérőjét (Yd), a tojássárgája-indexet (Yi) hetente egy alkalommal minden tojás esetében automata tojásvizsgáló készülékkel (DET6000) vizsgáltuk. A főtt tojásokat kóstolási próbával is összehasonlítottuk. A tojástömeg mindegyik AP-s kezelés esetében (AP10: 64,55g; AP15: 64,62g) szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll (67,40 g). Egyéb tojásminőségi paraméter nem változott a kezelések hatására. Nem volt szignifikáns különbség a tojássárgája zsírtartalmában sem. Az érzékszervi bírálók értékelése alapján az AP-s tojások sárgájának preferenciája magasabb volt, mint a kontrolltojásoké. Az elektronikus orr (Alpha MOS Heracles NEO) által detektált aromaprofil alapján pedig jól elkülönült a konvencionális és a rovarlárvafehérje-koncentrátumos kezelésből származó tojás.

ABSTRACT

AdalbaPro (AP) is a valuable insect larvae meal (*Alphitobius diaperinus*), used mainly in human nutrition. Its effect on the quality of table eggs was investigated in this trial. 35-week-old Tetra SL laying hens were fed a control layer diet and two test diets containing AB at 10 and 15%. The isocaloric and isonitrogenous diets were fed in 18 replicates of individually housed hens for 6 weeks. The egg weight (Wt), shell strength (Str), albumen height (Ht), Haugh-unit (Hu), yolk colour (Yc), yolk height (Yh), yolk diameter (Yd), yolk index (Yi) of all eggs were measured weekly with an automatic egg tester (DET6000). At the end the sensory characteristics of boiled eggs were also compared. The egg weight of both AP treatments (AP10: 64.55g; AP15: 64.62g) was significantly lower, compared with the control (67.40g). None of the other egg quality parameters were affected by the treatments. No significant differences were found in the fat content of egg yolk. According to the organoleptic evaluation of the volunteers, the yolk colour preference of the AP eggs was significantly higher. Regarding the electronic nose (Alpha MOS Heracles NEO) aroma profile, the egg from the conventional and the insect larvae concentrate fed, differ.

BEVEZETÉS

A tojótyúkállományok száma folyamatosan emelkedik, legfőképpen Indiában és Kínában. A tojástermelés növelése az egyik legnagyobb prioritás Európában. A tenyésztői munkával elérhető célnak tartható a 90–100 hetes tojástermelési ciklus és az ez alatti folyamatosan stabil tojásmínőség. Továbbá, a tojás az egyik leggazdaságosabban előállítható fehérjeforrás (Bain et al., 2016). Az állati eredetű termékek fogyasztása az előrejelzések szerint 2019-től 20250-re közel 40%-kal növekedni fog. Az állatállomány számára elsődlegesen szükséges fehérjeforrások a szójabab, borsó, halliszt iránti igény egyre nő, később egyre drágább és hosszú távon nem less fenntartható. A rovarok tekintetében a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), tücsök (*Gryllus testaceus Walker*), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) kínálnak jó takarmányalternatívát energia, fehérje és zsír szempontjából (de Souza-Vilela et al., 2019). Továbbá a kis alombogár (*Alphitobius diaperinus*) gazdag zsírokban és fehérjékben, több mint 70 g/100 g DM a nyersfehérje-tartalma, ami rendkívül jó fehérjeforrássá teszi (Kurečka et al., 2021). A tojás mint állati eredetű termék és élelmiszer a tápanyagokat jól emészthető formában, megfelelő mennyiségben tartalmazza (Kopacz et al., 2018). A tojásnak továbbá az élelmiszeripari termékekben kelesztést, emulzifikálást elősegítő, íz- és állománykialakító hatása van (Jones, 2007). Minősége függ a morfológiai, kémiai, fizikai, organoleptikus és mikrobiológiai jellemzőitől (Ledvinka et al., 2012). A tojás minőségi jellemzői gazdasági szempontból is fontosak, mely minőségi jellemzők a fogyasztó által jobban keresett, értékesíthetőbb terméket eredményezhetnek (Hanusová et al., 2015).

A tojás minőségi jellemzésére széles körben alkalmazzák a tojástömeg-, héjvastagság-, sárgájaindex-, albuminmagasság, pH-, Haugh-egység-, és kémiai összetétel alkotta adatokat (Paes de Oliveira-Boreli et al., 2023). A fekete katonalégyrovarlárva-darával készített takarmány etetése egy kísérletben azt mutatta, hogy az étkezési tojás tömege szignifikánsan csökkent a rovarlárva 50 g/kg-os hozzáadásával a kontrollcsoportéhoz képest. Az íze, sárgája színe, textúrája és elfogadottsága érzékszervi bírálók általi véleményezés során szignifikánsan jobb eredményt kapott (Al-Qazzaz et al., 2016). Ellenkező eredményekről számol be az a kutatás, ahol 18-60 hétig vizsgálták a tojótyúkok teljesítményét, és szintén *Hermetia illucens*-lárvaráival dúsították a kísérleti tápokot és ennek eredményeképpen a kontrolltáp teljesítménye maradt alul a lárvaradásokkal szemben (Wamai et al., 2024). A gyors gázkromatográfia (GC), Alpha MOS elektromos orr nagy érzékenységgű és szelektivitású gázkromatográf, mely alacsony koncentrációban jelenlévő szénhidrogének, illóanyagok mérésére képes. Alkalmas továbbá a tojás tárolása során bekövetkező változások e-orros vizsgálatára, illetve az élelmiszeripari minőség-ellenőrzési feladatokra (Yimenu et al., 2017). Egy tojásokon végzett kísérlet során az érzékszervi bírálat eredménye nem mutatott jelentős organoleptikus eltérést a szeszipari melléktermékkel dúsított tápos (ZP 2,5%, 5%) és a kontrolltápos tojások között, míg az e-orros vizsgálat jól látható különbségeket detektált a kromatogramok alapján (Aguinaga et al., 2021).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet 48 Tetra SL tojótyúkkal végeztük, melyeket 35 hetes korukban választottunk ki. A madarakat véletlenszerű elosztásban különálló anyagcsereketrecekben helyeztük el

egy klimatizált helyiségben. A világítási program szerint a kísérleti térben naponta 8 óra sötét és 16 óra világos órát biztosítottunk. A kísérlet 6 héten keresztül tartott. Az etetőket kézzel töltöttük fel, a takarmány *ad libitum* állt rendelkezésre. A kihelyezett automata önitatókból *ad libitum* fogyaszthattak vizet a tyúkok. A kísérlet során három különböző tápot etettünk. A kontrolltáp nem tartalmazott *Alphitobius diaperinus*-lárvalisztet, míg az AP10 és az AP15 csoportok takarmánya 10%, illetve 15% arányban tartalmazta azt. A kísérleti tápok azonos fehérje- és energiatartalmúak voltak. Az *Alphitobius diaperinus*-lárvalisztkészítmény az AdalbaPro por (AP) volt (összetevők: *Alphitobius diaperinus*-lárva, víz, rozmaring olaj, gyártó: Ynsect NL, Hollandia). Minden táptípust 16 különböző tojótyúkkal etettünk, amelyek a C/1–C/16, 10/1–10/16 és 15/1–15/16 kódjelzést kapták. A takarmányreceptúrák azonos fehérje- és energiatartalmúak voltak.

A tojásparaméterek mérését a DET 6000 (Nabel Co., Ltd., Kyoto, Japan) digitális tojástesztelő géppel végeztük. Minden tojótyúk heti tojástermeléséből egy tojás került a tojásmínőséget tesztelő berendezésbe. A mért tojásmínőségi paraméterek a következők voltak: tojástömeg (Wt), tojáshéjerősség (Str), albuminmagasság (Ht), Haugh unit (Hu), tojássárgája színe (YF), tojássárgája magassága (YH), tojássárgája szélessége (YD), tojássárgája-index (YI), tojáshéjvastagság (Thk).

Az érzékszervi bírálatot 11 fő végezte, akik a MATE Georgikon Campus munkatársai és hallgatói voltak. A bírálat során keményre főtt tojásokat teszteltek. A tojásokat egy időben, ugyanabban az edényben főztük, és csoportonként külön megjelölt hálók (kontroll, AP10, AP15) segítségével különítettük el. A hűtést és tisztítást követően a tojásokat kettévágtuk, külön jelölt tányérokba a bírálók elé helyeztük. A tesztermet az ISO 8589:1988-as szabvány alapján rendeztük be. Az érzékszervi bírálat az ISO 4121:1987-es szabvány útmutatása mentén történt. A bírálók tojásfehérje és tojássárgája vonatkozásában külön-külön: a szín, az illat, az íz, a textúra, végül a kedveltségi összbenyomás paramétereit strukturálatlan hedonisztikus skálákon értékelték, melyek az adott paraméter intenzitását, fogyasztói megítélését mérték. A skálák 100 mm hosszúságúak voltak, ahol a bejelölt pont távolsága a kezdeti 0-ponthoz képest pontértéket is jelölt. Az érzékszervi bírálat megkezdése előtt a bírálók oktatásban részesültek a bírálati szempontok és azok értékelésével kapcsolatban.

Az ultragyors gázkromatográfiás „elektromos orr” vizsgálat az ADEXGO Kft. Correltech Laboratóriumában történt. A főtt tojások 0, 10, 15-ös jelöléssel kerültek a laboratóriumba, jelölésenként 2–2 db. Az egyjelű tojások homogenizálását követően $2,0 \pm 0,1$ g került bemérésre teflonkupakos, 20 ml-es headspace üvegcsékbe. A méréseket Alpha MOS Heracles NEO elektronikus orr berendezés végezte. A vizsgálatához a 10 percen át 50 vagy 80 °C-on inkubált minták fölött kialakuló gőztérből vett mintákat használtuk. A gőztérből $T + 10$ °C-ra melegített Hamilton-fecskendővel 5 ml gázminta került levételre, ezt követően analízálásra. A kolonnák Restek MXT-5 (10 m) és Restek MXT-1701 (10 m) voltak, a vivőgáz hidrogén volt, mely 30 ml/perc sebességgel áramlott. A minták kromatogramja a Kováts-féle (C6–C16 alkánsor retenciós ideje) retenciós index alapján értelmezhető.

Az adatok statisztikai értékelését kéttényezős varianciaanalízissal végeztük, ahol a független változó a kísérletben töltött idő (hét, $I = 6$) és a takarmányozási kezelések ($j = 3$) voltak.

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

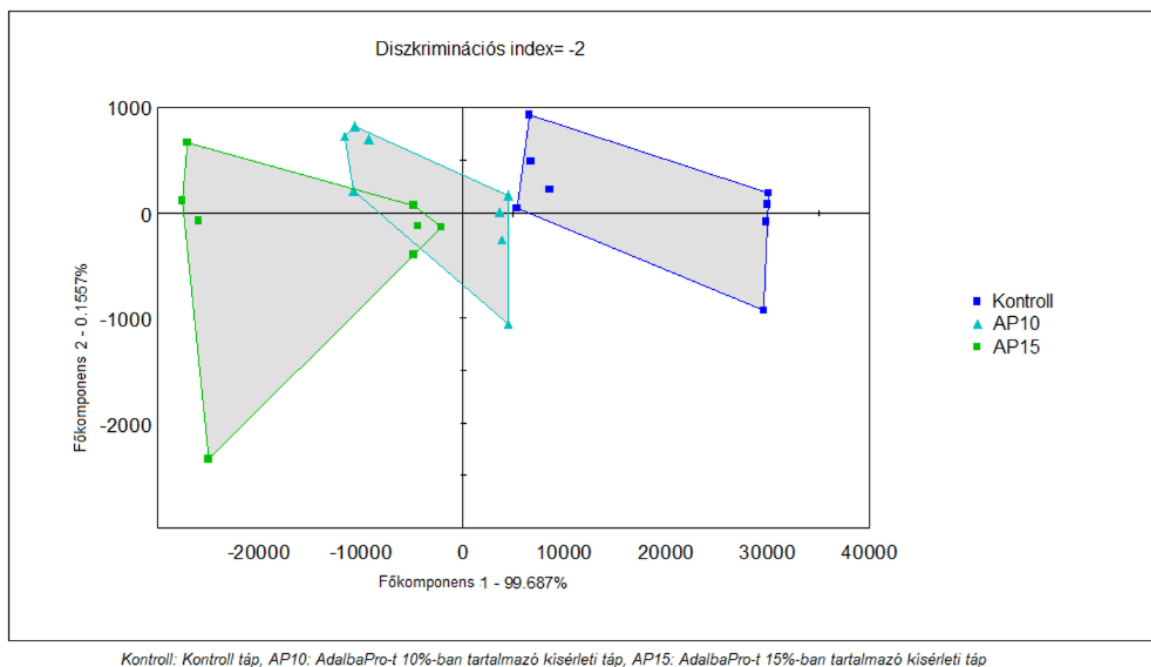
A tojások mért minőségi paramétereit az 1. táblázat ismerteti. A mért minőségi mutatók közül a Wt (tojástömeg) paraméterei különböztek egymástól a tápok típusának vonatkozásában, miszerint a kontrolltáp tojástömegadatai nagyobbak voltak az AP10 és AP15 adatainál. Az időfaktor több tojásminőségi paraméternél is szignifikáns különbséget mutatott, ugyanakkor nem mutatott szignifikáns különbséget a Wt esetében, továbbá a két-tényezős ANOVA-elemzés sem mutatott párhuzamot a táp x idő vonatkozásában, így megállapítható, hogy a táptípusok (kontroll, AP10, AP15) egyedül a Wt minőségi paramétert befolyásolták szignifikáns mértékben.

1. táblázat. Tojásminőségi paraméterek

Táptípus	Idő	Paraméterek középértékei								
		Wt	Str	Ht	Hu	Yc	Yh	Yd	Yi	Thk
Kontroll	1.hét	67,83	4,52	7,44	83,87	15,00	18,08	40,42	0,44	0,45
	2.hét	65,76	4,54	7,18	82,33	15,00	18,31	40,87	0,44	0,39
	3.hét	68,17	4,40	7,35	83,50	14,67	18,34	39,98	0,46	0,44
	4.hét	67,37	4,52	6,79	79,55	14,27	17,98	41,77	0,43	0,43
	5.hét	68,18	4,56	8,16	87,76	15,00	18,19	40,36	0,45	0,43
	6.hét	66,90	4,43	7,86	86,60	15,00	18,39	39,87	0,46	0,41
AP10	1.hét	64,87	4,58	7,40	84,59	14,33	18,11	39,60	0,46	0,45
	2.hét	64,37	4,87	7,58	84,91	14,80	18,37	39,80	0,47	0,37
	3.hét	65,86	4,85	7,55	86,34	15,09	18,84	40,75	0,47	0,45
	4.hét	64,65	4,76	6,89	81,74	14,88	18,15	4,88	0,45	0,44
	5.hét	63,67	4,24	8,07	88,01	15,67	18,39	39,75	0,46	0,41
	6.hét	64,20	4,74	7,51	84,68	15,00	18,39	39,78	0,47	0,41
AP15	1.hét	65,62	4,80	7,65	85,75	14,46	17,92	39,68	0,45	0,46
	2.hét	63,72	4,95	7,01	81,24	15,00	18,05	39,46	0,46	0,38
	3.hét	63,96	4,44	7,67	86,36	15,00	18,38	40,09	0,47	0,45
	4.hét	64,88	4,47	7,36	82,96	14,69	18,16	40,76	0,45	0,45
	5.hét	64,08	4,57	8,19	87,95	15,00	18,03	40,30	0,46	0,41
	6.hét	65,64	4,58	7,98	87,55	15,00	18,60	40,48	0,46	0,41
Időtényező										
	1.hét	66,05	4,63	7,49 ^{ab}	84,73 ^{abc}	14,59 ^c	18,04	39,89	0,45 ^{ab}	0,45 ^a
	2.hét	64,60	4,79	7,27 ^b	82,93 ^{bc}	14,93 ^{ab}	18,25	40,03	0,46 ^{ab}	0,38 ^c
	3.hét	66,06	4,54	7,52 ^{ab}	85,28 ^{abc}	14,90 ^{ab}	18,49	40,23	0,46 ^a	0,45 ^a
	4.hét	65,60	4,58	7,02 ^b	81,46 ^c	14,62 ^{bc}	18,10	41,12	0,44 ^b	0,44 ^a
	5.hét	65,30	4,45	8,14 ^a	87,91 ^a	15,02 ^a	18,21	40,12	0,46 ^{ab}	0,42 ^b
	6.hét	65,58	4,58	7,77 ^{ab}	86,21 ^{ab}	15,00 ^a	18,45	40,02	0,46 ^a	0,41 ^b
Táptípus										
Kontroll		67,40 ^a	4,49	7,46	83,87	14,80	18,21	40,56	0,45	0,43
AP10		64,55 ^b	4,66	7,49	84,95	14,85	18,35	40,08	0,46	0,42
AP15		64,62 ^b	4,63	7,63	85,17	14,85	18,18	40,14	0,46	0,43
SEM		0,24	0,06	0,08	0,48	0,03	0,06	0,16	0,00208	0,0025
P-értékek										
Táp		<0,01	0,425	0,624	0,453	0,855	0,433	0,466	0,046	0,778
Idő		0,47	0,726	<0,01	<0,01	<0,01	0,192	0,241	0,010	<0,01
Táp x Idő		0,767	0,871	0,930	0,913	<0,01	0,984	0,935	0,998	0,218

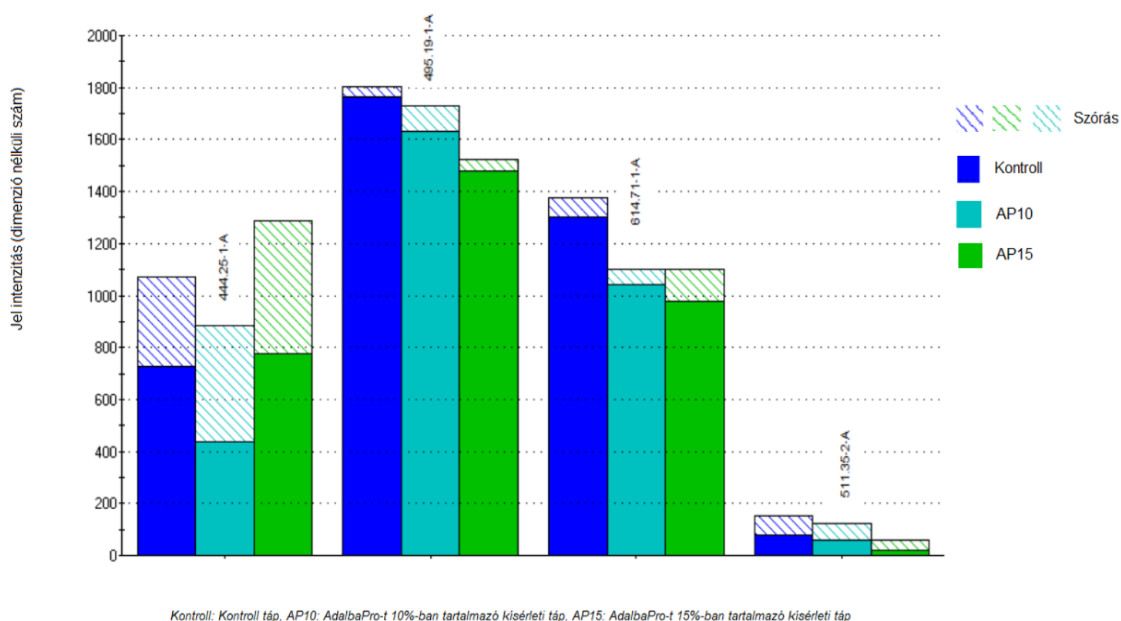
tojástömeg (Wt), héjszilárdság (Str), albuminmagasság (Ht), Haugh-egység (Hu), tojássárgája színe (Yc), tojássárgája magassága (Yh), tojássárgája szélessége (Yd), tojássárgája-index (Yi), tojáshéjvastagság (Thk). ^{a, b, c} A különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns különbség (p < 0,05) van. AP10: 10% lárvaliszt, AP15: 15% lárvaliszt

Az ultragyors gázkromatográfiás vizsgálat során két inkubációs hőmérséklet-beállítást alkalmaztunk (50 °C és 80 °C). A két beállításból kapott aromaprofil különbözött egymástól.



1. ábra. Az 50 °C-os inkubációs beállítás aromaprofilja

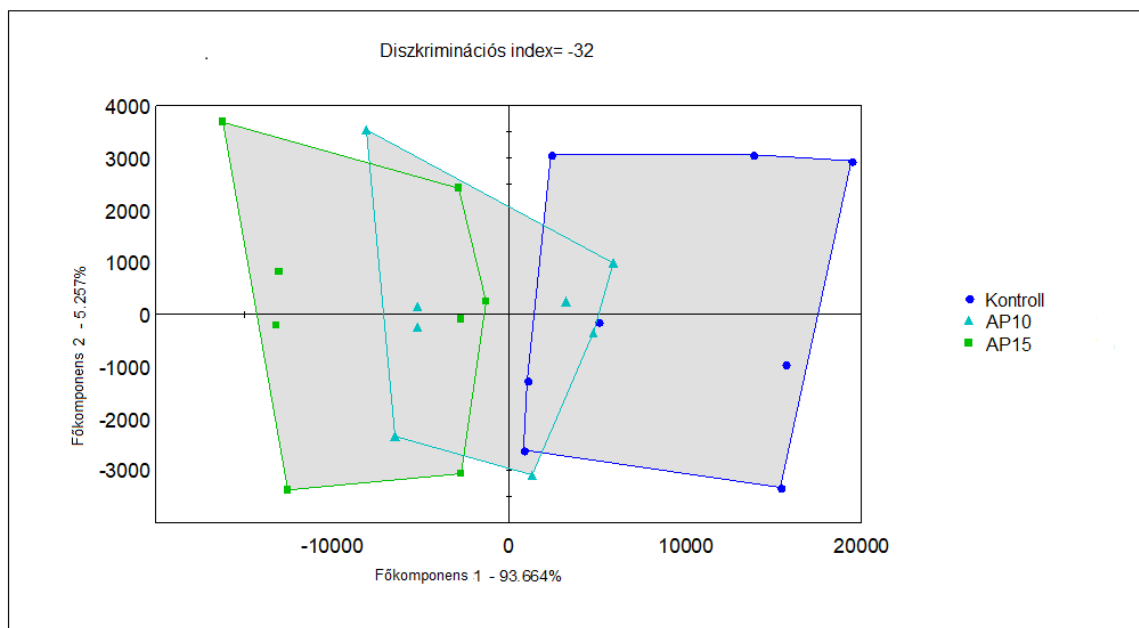
Az 1. ábra és a 2. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a rovarfehérjés kezelések hatására, a dimetil-szulfid (retenciós index 495), az etil-acetát (retenciós index 614) és az acetaldehid (retenciós index 511) mennyisége a rovarfehérjét fogyasztó tyúkok tojásaiban csökkent.



2. ábra. Az 50 °C-os inkubációs beállítás aromaanyag-koncentrációja

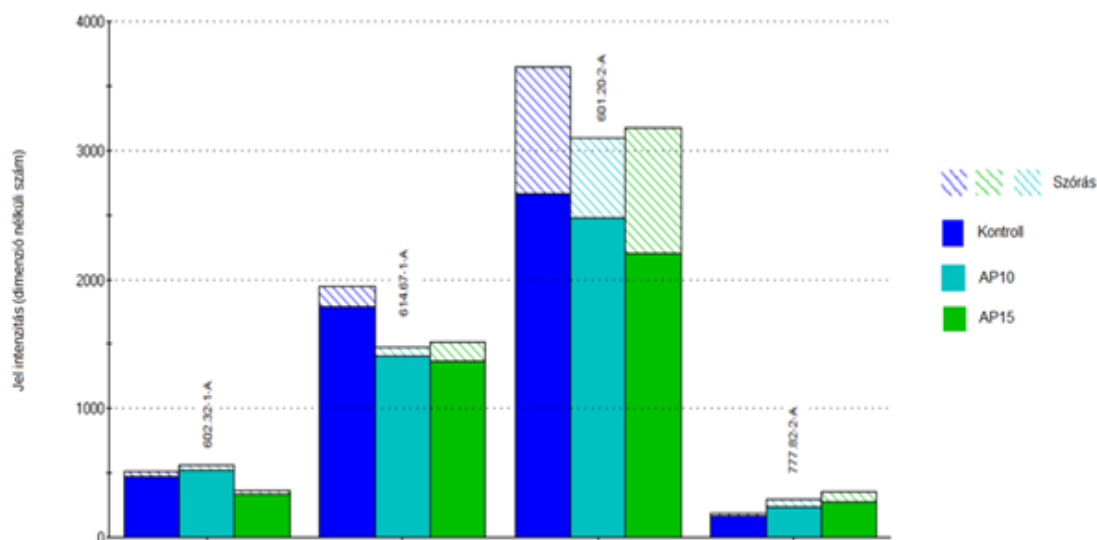
A 80 °C-os inkubációs beállítás hatására (3. ábra és 4. ábra) több átfedést tapasztaltunk az előzőkhöz képest, mind a molekulákra, mind pedig a molekulák koncentrációjára nézve. Ennél a hőmérsékleti beállításnál a 2-butanol (retenciós index 602), az etil-acetát (retenciós index 614), a 2-propanol (retenciós index 601), valamint a pentanal (retenciós index 777) voltak.

A 80 °C-os beállításnál a rovarfehérjés táp hatására az etil-acetát, a 2-propanol esetében csökkenés a pentanal esetében pedig növekedés volt tapasztalható a koncentrációkban.



Kontroll: Kontroll táp, AP10: AdalbaPro-t 10%-ban tartalmazó kísérleti táp, AP15: AdalbaPro-t 15%-ban tartalmazó kísérleti táp

3. ábra. A 80 °C-os inkubációs beállítás aromaprofilja



Kontroll: Kontroll táp, AP10: AdalbaPro-t 10%-ban tartalmazó kísérleti táp, AP15: AdalbaPro-t 15%-ban tartalmazó kísérleti táp

4. ábra. A 80 °C-os inkubációs beállítás aromaanyag-koncentrációja

Az érzékszervi bírálat eredményei (2. táblázat) alapján az organoleptikus jellemzők közül egyedül a tojássárgája színe és annak kedveltségi értékei mutattak szignifikáns eltérést. Jól látható, hogy a rovarfehérjével etetett csoportok tojásai szignifikánsan ($p < 0,05$) kedvezőbb értékelést kaptak, mint a kontrolltápos kezelés tojásai.

2. táblázat. Az érzékszervi bírálat eredményei

Paraméter	Kezelés		
	Kontroll	AP10	AP15
Tojásfehérje színe	73,09	85,36	80,09
Tojássárgája színe	66,82 ^b	87,86 ^a	85,32 ^a
Tojásfehérje illata	85,32	75,45	78,50
Tojássárgája illata	77,59	71,06	72,50
Tojásfehérje íze	70,36	70,82	70,82
Tojássárgája íze	73,91	72,00	76,73
Tojásfehérje textúrája	85,36	82,59	86,64
Tojássárgája textúrája	65,14	69,32	65,95
Összbenyomás	78,18	79,32	82,32

AP10: 10% lárvaliszt, AP15: 15% lárvaliszt; ^{a, b} $p < 0,05$

KÖVETKEZTETÉSEK

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a rovarfehérjés tápok etetésének hatására mindkét bekeverési szinten csökkent a tojástömeg. Miután a tápok fehérje-, energia- és aminosav-tartalma azonos volt, a változás okának megismeréséhez további kutatások szükségesek. A tojás nem kívánatos aromakomponenseinek koncentrációját ugyanakkor a rovarfehérjét tartalmazó tápok etetése csökkentette. Az érzékszervi bírálat során a rovarfehérjés tojások sárgájának színe szignifikánsan magasabb pontszámokat kapott a kóstolási próbán résztvevőktől.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aguinaga Bósquez, J. P., Kovács, Z., Gillay, Z., Bázár, G., Palkó, C., Hingyi, H., Csavajda, É., Üveges, M., Jókainé Szatura, Z., Barbulescu, I.D., Begea, & M., Tóth, T. (2021). Evaluating the effect of a brewery by-product as feed supplementation on the quality of eggs by means of a human panel and e-tongue and e-nose analysis. *Chemosensors*, 9(8), 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/chemosensors9080213>
- Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H., & Idris, L. H. (2016): Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 45(9), 518–523. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000900003>
- Bain, M. M., Nys, Y., & Dunn, I. C. (2016): Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *British Poultry Science*, 57(3), 330–338. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1161727>

- De Souza-Vilela, J., Andrew, N. R., & Ruhnke, I. (2019): Insect protein in animal nutrition, *Animal Production Science*, 59(11), 2029–2036. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN19255>
- Hanusová, E., Hrnčár, C., Hanus, A., & Oravcová, M. (2015): Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. *Acta fytotechnica et zootechnica*, 18(1), 20–24. DOI: <https://doi.org/10.15414/afz.2015.18.01.12-24>
- Jones, D. R. (2007): Egg functionality and quality during long-term storage. *International Journal of Poultry Science*, 6(3), 157–162. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.157.162>
- Kopacz, M., & Dražbo, A. (2018): Changes in the quality of table eggs depending on storage method and time. *Animal Science and Genetics*, 14(3), 37–45. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.5084>
- Kurečka, M., Kulma, M., Petříčková, D., Vladimír Plachý, & Kouřimská, L. (2021): Larvae and pupae of *Alphitobius diaperinus* as promising protein alternatives. *Eur Food Res Technol*, 247, 2527–2532. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03807-w>
- Ledvinka, Z., Lukáš, Z., & Klesalová, L. (2012): Egg quality and some factors influencing it: A review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 43(2), 79–87.
- Paes de Oliveira-Boreli F., Pereira D. F., Gonçalves J. A., da Silva V. Z., & de Alencar Nääs I. (2023): Non-destructive assessment of hens' eggs quality using image analysis and machine learning, *Smart Agricultural Technology*, 4, 100161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100161>
- Wamai, L. K., Munga, L. M., Osuga, I. M., Munguti, J. M., Subramanian, S., Kidoido, M. K., Ghemoh, J. C., Mwendia, C. M., & Tanga, C. M. (2024): Big opportunities for tiny bugs: rush to boost laying hen performance using black soldier fly larvae meal, *Journal of Economic Entomology*, 117(1), 58–72. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toad230>
- Yimenu, S. M., Kim, J. Y., & Kim, B. S. (2017): Prediction of egg freshness during storage using an electronic nose, *Poultry Science*, 96(10), 3733–3746. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex193>